

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-237344

(43)Date of publication of application : 31.08.1999

(51)Int.Cl.

G01N 21/88

G03F 1/08

H01L 21/66

(21)Application number : 10-037128

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 19.02.1998

(72)Inventor : SHIBATA YUKIHIRO

MAEDA SHUNJI

YOSHIDA MINORU

OKA KENJI

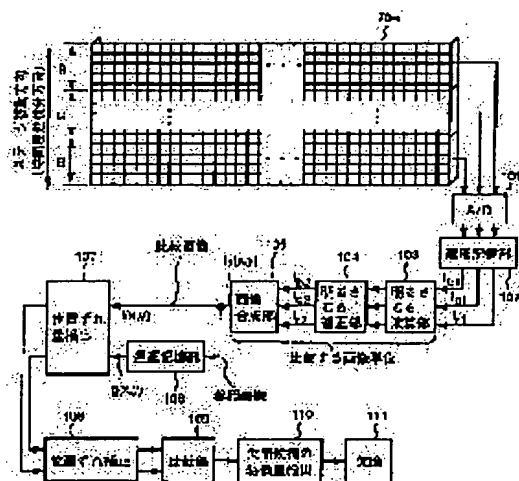
## (54) METHOD AND APPARATUS FOR INSPECTION OF DEFECT

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a method and an apparatus by which a very small defect such as a foreign matter or the like stuck to a flattened film can be detected with high reliability, by composing a plurality of normalized image signals into one image signal in the same coordinate system and composing the composited image signal with a reference composited image signal.

**SOLUTION:** By using a linear image sensor 70a, signals corresponding to quantities of light detected by using three kinds of a blue transmitting film, a green transmitting film and a red transmitting film in a time delay integration direction are stored in a delay storage part 102 via an A/D converter 101. Image data which are obtained from a brightness-irregularity computing part 103 and a brightness correction amount are corrected by a brightness-irregularity correction part 104.

Normalized image signals for respective colors are composited by an image composition part 105. The dislocation amount of a comparison image and that of a reference image are detected by a dislocation-amount detection part 107. Both images are aligned by a dislocation correction part 108. A difference image is prepared by a comparison part 109. The feature amount of a defect candidate is computed by a defect-amount feature-amount detection part 110, it is compared with a judgment reference, and a defect 111 such as a foreign matter or the like stuck to a flattening film is extracted.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.01.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

**BEST AVAILABLE COPY**

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-237344

(43)公開日 平成11年(1999) 8月31日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 1 N 21/88

G 0 1 N 21/88

E

G 0 3 F 1/08

G 0 3 F 1/08

S

H 0 1 L 21/66

H 0 1 L 21/66

J

Z

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 20 頁)

(21)出願番号

特願平10-37128

(22)出願日

平成10年(1998) 2月19日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72)発明者 芝田 行広

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式  
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 前田 俊二

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式  
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 吉田 実

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式  
会社日立製作所生産技術研究所内

(74)代理人 弁理士 高橋 明夫 (外 1 名)

最終頁に続く

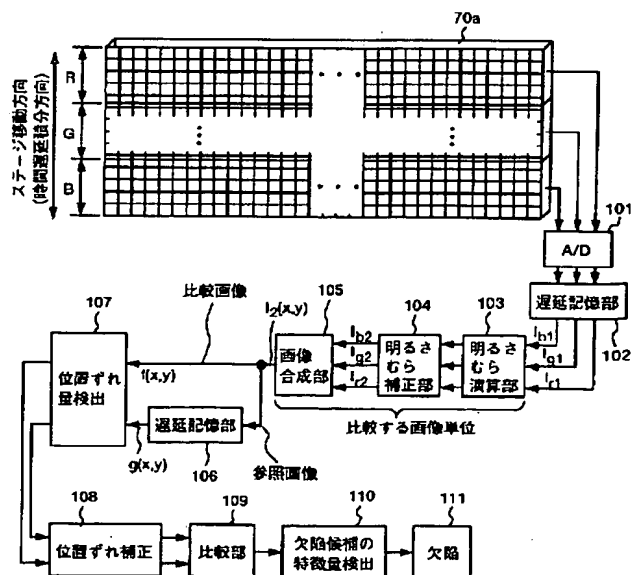
(54)【発明の名称】 欠陥検査方法およびその装置

(57)【要約】

【課題】半導体ウエハ等のように、下に配線若しくは回路パターンを有する透明膜からなる平坦化膜において膜厚に変化が生じたとしても、平坦化膜に付着若しくは埋め込まれる異物等の微小な欠陥を誤検出することなく高信頼度で検査できるようにした欠陥検査方法およびその装置を提供することにある。

【解決手段】本発明は、下に配線若しくは回路パターンを有し、表面に光を透過する平坦化膜が形成された被検査対象に対して照明光学系により異なる複数の波長を有する照明光を照射し、検出光学系により前記被検査対象から得られる反射光学像からイメージセンサによって波長の異なる複数の画像信号を検出し、それぞれの画像信号について前記被検査対象上の所定の領域毎に明るさを正規化した画像信号を形成し、該複数の正規化された画像信号を同一座標系で一つの画像信号に合成し、この合成画像信号を参照合成画像信号と比較して不一致に基づいて前記平坦化膜に対する欠陥または欠陥候補を検査することを特徴とする。

図 5



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】下に配線若しくは回路パターンを有し、表面に光を透過する平坦化膜が形成された被検査対象に対して照明光学系により異なる複数の波長を有する照明光を照射し、検出光学系により前記被検査対象から得られる反射光学像からイメージセンサによって波長の異なる複数の画像信号を検出し、それぞれの画像信号について前記被検査対象上の所定の領域毎に明るさを正規化した画像信号を形成し、該複数の正規化された画像信号を同一座標系で一つの画像信号に合成し、この合成画像信号を参照合成画像信号と比較して不一致に基づいて前記平坦化膜に対する欠陥または欠陥候補を検査することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 2】前記波長の異なる複数の画像信号を、時間遅延積分方向に分光透過率が異なる複数の膜を形成した TDI イメージセンサから検出することを特徴とする請求項 1 記載の欠陥検査方法。

【請求項 3】前記波長の異なる複数の画像信号を、前記被検査対象から得られる反射光学像に対して波長分離光学要素で分離された複数の波長の光学像を、各結像位置に設置されたイメージセンサから検出することを特徴とする請求項 1 記載の欠陥検査方法。

【請求項 4】下に配線若しくは回路パターンを有し、表面に光を透過する平坦化膜が形成された被検査対象に対して照明光学系により前記平坦化膜に吸収される波長の照明光を照射し、検出光学系により前記被検査対象から得られる薄膜干渉の殆ど生じない反射光学像に基づく画像信号をイメージセンサから検出し、該検出された画像信号を参照画像信号と比較して不一致に基づいて前記平坦化膜に対する欠陥または欠陥候補を検査することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 5】前記照明光として、250nm 以下の波長であることを特徴とする請求項 4 記載の欠陥検査方法。

【請求項 6】前記平坦化膜は、化学および機械的な研磨によって加工されたことを特徴とする請求項 1 または 4 記載の欠陥検査方法。

【請求項 7】前記照明光として、輪帯状であることを特徴とする請求項 1 または 4 記載の欠陥検査方法。

【請求項 8】下に配線若しくは回路パターンを有し、表面に光を透過する平坦化膜が形成された被検査対象に対して異なる複数の波長を有する照明光を照射する照明光学系と、前記被検査対象から得られる反射光学像からイメージセンサによって波長の異なる複数の光学画像信号を検出する検出光学系と、該検出光学系のイメージセンサから得られるそれぞれの光学画像信号について前記被検査対象上の所定の領域毎に明るさを正規化した画像信号を形成する正規化画像信号形成部と、該正規化画像信号形成手段によって形成された複数の正規化された画像信号を同一座標系で一つの画像信号に合成する画像信号合成部と、該画像信号合成部で合成された合成画像信号

を参照合成画像信号と比較して不一致に基づいて前記平坦化膜に対する欠陥または欠陥候補を検査する判定部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 9】前記検出光学系のイメージセンサを、時間遅延積分方向に分光透過率が異なる複数の膜を形成した TDI イメージセンサで構成したことを特徴とする請求項 8 記載の欠陥検査装置。

【請求項 10】前記検出光学系は、前記被検査対象から得られる反射光学像に対して複数の波長の光学像に分離する波長分離光学要素と、該波長分離光学要素で分離されたそれぞれの光学像をイメージセンサ上に結像させる結像光学系とを有することを特徴とする請求項 8 記載の欠陥検査装置。

【請求項 11】下に配線若しくは回路パターンを有し、表面に光を透過する平坦化膜が形成された被検査対象に対して前記平坦化膜に吸収される波長の照明光を照射する照明光学系と、前記被検査対象から得られる薄膜干渉の殆ど生じない反射光学像に基づく画像信号をイメージセンサから検出する検出光学系と、該検出光学系で検出された画像信号を参照画像信号と比較して不一致に基づいて前記平坦化膜に対する欠陥または欠陥候補を検査する判定部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 12】前記照明光学系は、輪帯状照明光を照明するように構成したことを特徴とする請求項 8 または 12 記載の欠陥検査装置。

【請求項 13】更に、可視光に基づく合焦点制御系を備えたことを特徴とする請求項 8 または 12 記載の欠陥検査装置。

【請求項 14】被検査対象に対して偏光照明する偏光照明光学系と、前記被検査対象で反射および回折した光で像を形成して画像信号を検出する明視野画像検出系および前記被検査対象に形成されたパターンのエッジで回折した光で像を形成して画像信号を検出する暗視野画像検出系の 2 系統を有する検出光学系と、前記明視野画像検出系から得られる画像信号または暗視野画像検出系から得られる画像信号に基づいて前記被検査対象上の微小欠陥を検査する判定部とを有することを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 15】被検査対象に対して偏光照明する偏光照明光学系と、前記被検査対象から割合が制御された正反射光と高次回折光とを有する光学像に基づく画像信号を検出する検出光学系と、該検出光学系から得られる画像信号に基づいて前記被検査対象上の微小欠陥を検査する判定部とを有することを特徴とする欠陥検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体ウエハや位相シフト付レチクルや TFT 基板等のように下に金属製の配線若しくは回路パターンを有し、表面に絶縁膜等の光に対して透明な平坦化膜に付着または埋め込まれた異

物等の欠陥を検査する欠陥検査方法およびその装置に関するものである。

#### 【0002】

【従来の技術】半導体露光装置のレチクルとウェハのアライメント技術に関する記述を、日本光学会（応用物理学会）の冬期講習会テキスト（1993）「光計測技術の最前線」（従来技術1）に掲載している。このテキストの「半導体機器における光計測」では、半導体露光装置のレチクルとウェハの位置合わせ手段について記載している。この中で、ウェハに形成されているアライメントマーク上に塗布された透明膜（レジスト）の塗布むらにより、マーク像が非対称になることを示している。この対策として、照明光のスペクトル幅を広くし、透明膜の薄膜干渉に依存した反射率むら（明るさむら）を低減すれば、マーク像の非対称性を低減できることを説明している。また、特公平07-046079（従来技術2）に異物検査方法の記載がある。これは、回路パターン上に保護膜を有する試料に保護膜で吸収されるような光を照射し、照射した光により保護膜の表面で発生する散乱光から保護膜上に存在する異物を検出する方法である。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来技術1に記載の広帯域波長照明（白色照明）により透明薄膜の下地層に形成されたアライメントマークの像を検出すると、薄膜干渉に起因した明るさむらは低減できる。これは、透明膜で薄膜干渉する光の位相差は、 $4\pi n d \cos \theta / \lambda$  [薄膜の屈折率 $n$ 、膜厚 $d$ 、波長 $\lambda$ 、入射角 $\theta$ ]であり、ある膜厚の条件では、波長に応じて強めあったり弱めあったりしりためである。このため、強め合う位相差となる波長の色が観察される。白色照明による明るさむらの低減は、スペクトル幅を広げることにより、ある膜厚での薄膜干渉で強めあったり弱めあったりする波長が混在し、検出強度はこれらの波長の干渉強度の積分値となるため、膜厚むらに伴う明るさの変動が低減できることを示している。しかし、薄膜干渉により赤色が強められて検出された画像と、青色が強められて検出された画像とでは画像の光学的解像度が異なる。これは同一の光学系で像を検出した場合、波長に比例して解像度が低下するためである。たとえば、青色（ $\lambda 480 \text{ nm}$ ）で検出される画像と、赤色（ $\lambda 630 \text{ nm}$ ）で検出される画像では、青色の方が解像度が1.3倍高い。このため、両者の色で検出した画像は細部の様子が異なる。従って、両者の画像を比較検査すると、正常部であるにも係わらず不一致となる。この不一致は欠陥検出上ノイズとなるため、欠陥検出感度を向上させるためにはこの不一致を低減する必要がある。

【0004】また、従来技術2は、薄膜に吸収される光をウェハに照明し、薄膜の表面に付着した異物を検出するものである。この異物検査方法では、薄膜干渉を起こ

さないため上記課題はないが、薄膜上に形成されたパターンの微小な突起や欠け等の欠陥は散乱光検出方式であるため、検出が困難である。これは、パターンエッジの傾斜のむらにより散乱光の検出光量が変動し、虚報をなくすには異物判定しきい値を大きくする必要がある。このため、パターンのエッジに形成された微小欠陥を弁別することができないという課題を有することになる。

【0005】本発明の目的は、上記課題を解決すべく、下に配線若しくは回路パターンを有する透明膜からなる平坦化膜において膜厚に変化が生じたとしても、平坦化膜に付着若しくは埋め込まれる異物等の微小な欠陥を誤検出することなく高信頼度で検査できるようにした欠陥検査方法およびその装置を提供することにある。また、本発明の他の目的は、下に配線若しくは回路パターンを有する透明膜からなる平坦化膜において膜厚に変化に伴う薄膜干渉による色むら（明るさむら）の変化が生じたとしても、平坦化膜に付着若しくは埋め込まれる異物等の微小な欠陥を誤検出することなく高信頼度で検査できるようにした欠陥検査方法およびその装置を提供することにある。

【0006】また、本発明の他の目的は、下に配線若しくは回路パターンを有する透明膜からなる平坦化膜に形成されたスルーホール内のエッチング残りを高信頼度で検査できるようにした欠陥検査方法およびその装置を提供することにある。また、本発明の他の目的は、透明膜からなる平坦化膜上に更に配線若しくは回路パターンを形成した後、該パターンまたは平坦化膜上の欠陥を高信頼度で検査できるようにした欠陥検査方法およびその装置を提供することにある。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、下に配線若しくは回路パターンを有し、表面に光を透過する平坦化膜が形成された被検査対象に対して照明光学系により異なる複数の波長を有する照明光を照射し、検出光学系により前記被検査対象から得られる反射光学像からイメージセンサによって波長の異なる複数の画像信号を検出し、それぞれの画像信号について前記被検査対象上の所定の領域毎に明るさを正規化した画像信号を形成し、該複数の正規化された画像信号を同一座標系で一つの画像信号に合成し、この合成画像信号を参照合成画像信号と比較して不一致に基づいて前記平坦化膜に対する欠陥または欠陥候補を検査することを特徴とする欠陥検査方法である。また本発明は、前記欠陥検査方法において、前記波長の異なる複数の画像信号を、時間遅延積分方向に分光透過率が異なる複数の膜を形成したTDIイメージセンサから検出することを特徴とする。また本発明は、前記欠陥検査方法において、前記波長の異なる複数の画像信号を、前記被検査対象から得られる反射光学像に対して波長分離光学要素で分離された複数の波長の光学像を、各結像位置に設置されたイ

メージセンサから検出することを特徴とする。

【0008】また本発明は、下に配線若しくは回路パターンを有し、表面に光を透過する平坦化膜が形成された被検査対象に対して照明光学系により前記平坦化膜に吸収される波長の照明光を照射し、検出光学系により前記被検査対象から得られる薄膜干渉の殆ど生じない反射光学像に基づく画像信号をイメージセンサから検出し、該検出された画像信号を参照画像信号と比較して不一致に基づいて前記平坦化膜に対する欠陥または欠陥候補を検査することを特徴とする欠陥検査方法である。また本発明は、前記欠陥検査方法において、前記照明光として、250nm以下の波長であることを特徴とする。また本発明は、前記欠陥検査方法において、前記平坦化膜は、化学および機械的な研磨によって加工されたことを特徴とする。また本発明は、前記欠陥検査方法において、前記照明光として、輪带状であることを特徴とする。

【0009】また本発明は、試料の平坦化膜に吸収される波長の光で試料を照明し、平坦化膜上のパターンや異物で反射、回折、散乱した光を用いて明視野画像を検出することにより、薄膜干渉を防止した画像信号を検出することができ、その結果この検出された画像信号を参照画像信号と比較して不一致に基づいて前記平坦化膜に対する欠陥または欠陥候補を検査することが可能となる。なお、試料と対物レンズの焦点ずれ検出光として平坦化膜に吸収されない光を用いる必要がある。また本発明は、欠陥検出感度の向上を行うためには、検査対象の分光反射率が高い波長域を照明光に用いることが有効である。但し、この条件は検出したい欠陥により異なる。このため、検査前の先行作業として複数の異なる波長域で欠陥検査し、検出対象の欠陥を多く検出した波長域を照明光に用いることも有効である。さらに、検出すべき欠陥に応じて、明視野、暗視野及び明視野・暗視野複合の3系統の照明方法の中から照明方法を選択できる構成とすることが、様々な欠陥に対応した照明方法を実現する上で有効である。また、対物レンズの後側焦点位置あるいは、当該後側焦点位置と共役な位置に、0次光の透過率を低減させる空間フィルタを配置することにより、光学像の解像度を向上させることが可能であり、微小欠陥の検出に有効である。

【0010】また本発明は、前記欠陥検査方法において、安定した画像を検出するためには、安定した焦点合わせ動作が不可欠である。試料に対物レンズの焦点深度よりも大きな段差がある場合は、検査したい領域以外に当該対物レンズの視野があるときに段差量相当のフォーカスオフセット値を設定して焦点合わせ動作を行うことが有効である。また本発明は、前記欠陥検査方法における被検査対象として平坦化膜の下地層に反射防止膜を形成することを特徴とする。また本発明は、前記欠陥検査方法における被検査対象として平坦化膜の表層に透過防止膜を形成することを特徴とする。

【0011】また本発明は、下に配線若しくは回路パターンを有し、表面に光を透過する平坦化膜が形成された被検査対象に対して異なる複数の波長を有する照明光を照射する照明光学系と、前記被検査対象から得られる反射光学像からイメージセンサによって波長の異なる複数の光学画像信号を検出する検出光学系と、該検出光学系のイメージセンサから得られるそれぞれの光学画像信号について前記被検査対象上の所定の領域毎に明るさを正規化した画像信号を形成する正規化画像信号形成部と、該正規化画像信号形成手段によって形成された複数の正規化された画像信号を同一座標系で一つの画像信号に合成する画像信号合成部と、該画像信号合成部で合成された合成画像信号を参照合成画像信号と比較して不一致に基づいて前記平坦化膜に対する欠陥または欠陥候補を検査する判定部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。また本発明は、前記欠陥検査装置において、前記検出光学系のイメージセンサを、時間遅延積分方向に分光透過率が異なる複数の膜を形成したTDIイメージセンサで構成したことを特徴とする。また本発明は、前記欠陥検査装置において、前記検出光学系は、前記被検査対象から得られる反射光学像に対して複数の波長の光学像に分離する波長分離光学要素と、該波長分離光学要素で分離されたそれぞれの光学像をイメージセンサ上に結像させる結像光学系とを有することを特徴とする。

【0012】また本発明は、下に配線若しくは回路パターンを有し、表面に光を透過する平坦化膜が形成された被検査対象に対して前記平坦化膜に吸収される波長の照明光を照射する照明光学系と、前記被検査対象から得られる薄膜干渉の殆ど生じない反射光学像に基づく画像信号をイメージセンサから検出する検出光学系と、該検出光学系で検出された画像信号を参照画像信号と比較して不一致に基づいて前記平坦化膜に対する欠陥または欠陥候補を検査する判定部とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。また本発明は、前記欠陥検査装置において、前記照明光学系は、輪带状照明光を照明するように構成したことを特徴とする。また本発明は、前記欠陥検査装置において、更に、可視光に基づく合焦点制御系を備えたことを特徴とする。

【0013】また本発明は、被検査対象に対して偏光照明する偏光照明光学系と、前記被検査対象で反射および回折した光で像を形成して画像信号を検出する明視野画像検出系および前記被検査対象に形成されたパターンのエッジで回折した光で像を形成して画像信号を検出する暗視野画像検出系の2系統を有する検出光学系と、前記明視野画像検出系から得られる画像信号および／または暗視野画像検出系から得られる画像信号に基づいて前記被検査対象上の微小欠陥を検査する判定部とを有することを特徴とする欠陥検査装置である。また本発明は、被検査対象に対して偏光照明する偏光照明光学系と、前記被検査対象から割合が制御された正反射光と高次回折光

とを有する光学像に基づく画像信号を検出する検出光学系と、該検出光学系から得られる画像信号に基づいて前記被検査対象上の微小欠陥を検査する判定部とを有することを特徴とする欠陥検査装置である。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について図面を用いて説明する。まず、本発明に係る平坦化膜 1 c における異物等の欠陥検査の原理について、説明する。図 2 には、本発明に係る被検査対象 1 としての平坦化膜 1 c における異物等の欠陥を検査するための検出光学系を示したものである。異物等の欠陥を検査する被検査対象 1 は、例えば、半導体デバイスを製造するために、S i 等の基板（ウエハ）1 a 上に配線パターン 1 b を形成し、この上に S i O<sub>2</sub> 等の絶縁膜を CVD 等で成膜し、この成膜された絶縁膜の表面を CMP（Chemical Mechanical Polishing）で平坦化して平坦化膜 1 c を形成したものである。図 2 には、被検査対象 1 として配線パターン 1 b が一層、その上に絶縁層からなる平坦化膜 1 c が形成された断面を示しているが、通常配線層およびその間を絶縁する絶縁層共に多層構造を有し、絶縁層および配線層共に上層に行くに従ってうねりが生じ、その表面を平坦化する必要が生じることになる。従って、通常、異物等の欠陥を検査する平坦化膜 1 c の下は、多層構造を有することになる。また、被検査対象 1 として、位相シフト付レチクルのように、ガラス基板に回路パターンを形成し、その上に平坦な透明な位相シフトパターンを形成したものがある。

【0015】このような被検査対象 1 の平坦化膜 1 c の表面に照明光 2 0 0 を照射し、対物レンズ 2 0、結像レンズ 3 0、およびイメージセンサ 7 0 からなる検出光学系で画像信号を検出した場合、図 3（b）に示す通り、平坦化膜 1 c の膜厚 d に対する反射率 R は、イメージセンサ 7 0 が受光する色に応じて周期が異なることとなる。反射率 R が周期的に変動する要因は、平坦化膜 1 c の膜厚 d に応じて光路差がことなり、これに伴って位相差も変化するためである。また、色によって周期が異なる要因は、位相差が波長の関数であるためであり、短波長の青色 B（λ 4 8 0 nm 程度）では周期 T b が短く、緑色 G（λ 5 5 0 nm 程度）、赤色 R（λ 6 3 0 nm 程度）と長波長になるに従って周期も長くなる。たとえば、膜厚 d 1 の条件で青・緑・赤色共に均一な強度の白色照明をした場合、図 3（c）に示すように、青色 B で検出した光の強度 I b は弱く、緑 G、赤色 R になるに従って強度は高くなる。ここでは、各波長毎に分離してイメージセンサ 7 0 で検出した光強度分布 I<sub>b d1</sub>、I<sub>g d1</sub>、I<sub>r d1</sub> を表示しているが、白色光（B 光 + G 光 + R 光）で検出する場合は、これらの波長で検出した光強度分布 I<sub>b d1</sub>、I<sub>g d1</sub>、I<sub>r d1</sub> を積分した分布 I<sub>b g r d1</sub> となる。また、膜厚 d 2 の条件で画像を検出した場合は、図 3

（a）に示すとおり B ~ R になるにつれて光強度は弱く

なる。従って、膜厚 d 2 の条件で白色光（B 光 + G 光 + R 光）で検出する場合は、これらの光強度分布 I<sub>b d2</sub>、I<sub>g d2</sub>、I<sub>r d2</sub> を積分した分布 I<sub>b g r d2</sub> となる。図 3

（a）に示す膜厚 d 2 における白色光による光強度分布 I<sub>b g r d2</sub> は、図 3（c）に示す膜厚 d 1 における白色光による光強度分布 I<sub>b g r d1</sub> と光強度のレベルはほぼ同じであるが、下の配線パターン 1 b のエッジ部のコントラストは、図 3（a）の条件の方が高い。これは、図 3（a）に示した条件では、短波長である青色 B の反射率 R が高いため、白色光検出画像における青色 B の割合が大きく、検出した像の解像度が高いことによる。

【0016】ところで、例えば、絶縁膜の表面を CMP で平坦に加工して平坦化膜 1 c を形成したとしても、その下の配線パターン 1 b に僅かのうねりが生じる薄膜の多層構造を有する関係で、平坦化膜 1 c の膜厚 d に d 1 と d 2 との間で変化が生じることになる。このため、被検査対象 1 の平坦化膜 1 c から検出される画像信号として、図 3（c）から図 3（a）に示す様々な局所的な白色光検出画像が次々と出現してくることになる。しかしながら、この膜厚の変化による白色光検出画像の変化（相違）が生じたとしても、膜厚の変化は実用上不良品ではないため、欠陥として判定すべきではない。従って、チップ比較（チップ間における画像信号同志の比較）、またはセル比較（半導体メモリのようにセル比較における画像信号同志の比較）等の配線パターンに基づく画像信号同志の比較において、図 3（c）に示す白色光検出画像 I<sub>b g r d1</sub> と図 3（a）に示す白色光検出画像 I<sub>b g r d2</sub> とが比較されることになり、両者の相違に基づく差画像が検出されることとなるが、正常部であるため、この差画像の不一致量を欠陥と判定しないように欠陥判定しきい値（許容値）を大きく設定する必要がある。このため、平坦化膜 1 c の表面に付着または埋め込まれた異物等の微小欠陥を判定することができなくなってしまう。即ち、図 3（c）に示す白色光検出画像 I<sub>b g r d1</sub> と図 3（a）に示す白色光検出画像 I<sub>b g r d2</sub> との違いに見られるような、膜厚の変化に対する色の割合の差に起因した画像の違いを低減しないと、欠陥判定しきい値を下げられず、微小欠陥の検出が困難となる。

【0017】本発明は、上記課題を解決すべく、各色で検出したそれぞれの画像信号の明るさを同じレベルにすることによって、被検査対象 1 において膜厚が変化した全ての箇所からほぼ同一の波形を有する白色光に相当する検出画像信号を得るようにしたものである。即ち、図 4 に示す通り、B（λ 4 8 0 nm 程度）、G（λ 5 5 0 nm 程度）、R（λ 6 3 0 nm 程度）共に同じ強度の照明光量であっても、平坦化膜 1 c の膜厚の変化に基づく分光反射率 R に応じて図 4（a）に示すように検出光量 I<sub>b1</sub>（x, y）、I<sub>g1</sub>（x, y）、I<sub>r1</sub>（x, y）にばらつきが生じる。尚、このばらつきは、検出光学系の分光透過率やイメージセンサの分光感度にも依存するが、

これらによる検出光量の変動は小さいためここでは考慮しない。そこで、本発明は、次に示す(数1)式で示されるように、それぞれの画像信号  $I_{bl}(x, y)$ 、 $I_{gl}(x, y)$ 、 $I_{rl}(x, y)$  に異なるゲイン ( $G_b$ ,  $G_g$ ,  $G_r$ ) を掛けることによって、それぞれの色で検出したそれぞれの画像信号の明るさ  $I_{b2}(x, y)$ 、 $I_{g2}(x, y)$ 、 $I_{r2}(x, y)$  を同じレベルにすることにある。これにより、図4(b)に示す通り、それぞれの色で検出した画像信号の明るさ  $I_{b2}(x, y)$ 、 $I_{g2}(x, y)$ 、 $I_{r2}(x, y)$  が同じレベルになる。更に、次に示す(数1)式で示すように、これらの画像信号  $I_{b2}(x, y)$ 、 $I_{g2}(x, y)$ 、 $I_{r2}(x, y)$  を足し合わせることで、白色光照明で検出できる画像信号と同様が画像信号であり、且つ薄膜干渉による色むらを正規化した画像信号  $I_2(x, y)$  ( $I_{bgr2}(x, y)$ ) を図4(c)に示すように生成することができる。

$$I_2(x, y) = I_{b2}(x, y) + I_{g2}(x, y) + I_{r2}(x, y) = (G_b \times I_{bl}(x, y)) + (G_g \times I_{gl}(x, y)) + (G_r \times I_{rl}(x, y)) \quad \text{【0018】}$$

(数1)

ここで、上記ゲイン ( $G_b$ ,  $G_g$ ,  $G_r$ ) を、イメージセンサ70によって各色毎に検出される画像信号  $I_{bl}(x, y)$ 、 $I_{gl}(x, y)$ 、 $I_{rl}(x, y)$  から、膜厚の変化が殆ど生じない範囲内において、次に示す ※

$$\begin{aligned} G_b &= K_b / \Sigma I_{bl}(x, y) \\ G_g &= K_g / \Sigma I_{gl}(x, y) \\ G_r &= K_r / \Sigma I_{rl}(x, y) \end{aligned}$$

ただし、 $K_b$ 、 $K_g$ 、 $K_r$  はほぼ同じ値とする。

【0019】なお、実際には、被検査対象1に対して照射する照明光200の照度分布(照明分布)が均一でないため、イメージセンサ70から検出されるB、G、Rの画像信号  $I_{bl}(x, y)$ 、 $I_{gl}(x, y)$ 、 $\Sigma I_{rl}(x, y)$  のそれぞれに対して上記  $K_b$ 、 $K_g$ 、 $K_r$  を補正してゲイン ( $G_b$ ,  $G_g$ ,  $G_r$ ) を補正することによってシェーディング補正をする必要がある。また、図3、および図4では、B、G、Rの3色の画像信号について波長分離した実施の形態を示したが、波長分離数は3つに限らずN分離(Nは2以上の整数)でよい。以下も同様である。

【0020】次に、色むら正規化手段について、図5および図6を用いて説明する。たとえば、リニアイメージセンサ(光電変換素子)70としてTDI(Time Delay Integration)リニアイメージセンサ70aを用いた場合、被検査対象(試料)1を搭載したステージ5、6の移動に同期して電荷を遅延積分していく。たとえば、この時間遅延積分方向に青B、緑G、赤Rの3種類の透過膜を膜付けすることにより、3種類に分離した色の画像信号を検出することができる。但し、時間遅延積分領域は、膜付けされた透過膜の領域で行い、この領域の終端で積分された電荷を出力する構成にする。それぞれの色で検出した光量に応じた信号は、A/D変換器101でA/D変換の後、被検査対象(試料)1上の同じ位置に対応させる必要があるため一旦遅延記憶部102に格納される。この遅延記憶部102で空間的に一致された3種類の画像データ  $I_{bl}(x, y)$ 、 $I_{gl}(x, y)$ 、 $I_{rl}(x, y)$  は、明るさむら演算部103に入力され、膜厚の変化が殆どない範囲内においてそれぞれの明るさむら  $\Sigma I_{bl}(x, y)$ 、 $\Sigma I_{gl}(x, y)$ 、 $\Sigma I_{rl}(x, y)$  を求め、上記(数2)式に基づいてゲイン ( $G_b$ ,  $G_g$ ,  $G_r$ ) を求める。即ち、明るさむら演算部103では、膜厚の変化が殆どない範囲内において、 $\Sigma I_{bl}(x, y)$ 、 $\Sigma I_{gl}(x, y)$ 、 $\Sigma I_{rl}(x, y)$  を求める必要があるため、膜厚の変化が殆どない範囲に亘る画像信号  $I_{bl}(x, y)$ 、 $\Sigma I_{gl}(x, y)$ 、 $\Sigma I_{rl}(x, y)$  を記憶して膜厚の変化が殆どない範囲に亘って積分する必要がある。この範囲は、比較する各配線パターン毎の単位であれば最も好ましい。しかしながら、積分する範囲としては、数個(本)の配線パターンに亘ってもよい。即ち、被検査対象として、半導体メモリのように、セルが形成されている場合には、積分する範囲としてセル単位で行っても、膜厚の変化が殆ど見られないので可能である。しかしながら、積分する範囲をチップ単位に広げた場合には、チップ単位内において大きな膜厚の変化が生じるので、色補正が不可能となる。

【0021】次に、上記明るさむら演算部103から得られる画像データ  $I_{bl}(x, y)$ 、 $I_{gl}(x, y)$ 、 $I_{rl}(x, y)$  と明るさ補正量 ( $G_b$ ,  $G_g$ ,  $G_r$ ) は、明るさむら補正部104に入力される。明るさむら補正部104において、入力された画像データ  $I_{bl}(x, y)$ 、 $I_{gl}(x, y)$ 、 $I_{rl}(x, y)$  は、先に求めた補正量 ( $G_b$ ,  $G_g$ ,  $G_r$ ) により上記(数1)式に基づいて補正されて正規化された各色毎の画像信号  $I_{b2}(x, y)$ 、 $I_{g2}(x, y)$ 、 $I_{r2}(x, y)$  が得られる。画像合成部105において、これらの補正データ  $I_{b2}(x, y)$ 、 $I_{g2}(x, y)$ 、 $I_{r2}(x, y)$  を上記(数1)式に基づいて加算することによって色むらを補正した1枚の画像信号  $I_2(x, y)$  を生成する。こ

【0018】

※(数2)に基づいて算出する必要がある。上記範囲として、被検査対象上をできるだけ細分化して1~数個(本)の配線パターンが存在する範囲内(領域内)にすることが望ましい。

(数2)

( $x, y$ )、 $\Sigma I_{rl}(x, y)$  を求め、上記(数2)式に基づいてゲイン ( $G_b$ ,  $G_g$ ,  $G_r$ ) を求める。即ち、明るさむら演算部103では、膜厚の変化が殆どない範囲内において、 $\Sigma I_{bl}(x, y)$ 、 $\Sigma I_{gl}(x, y)$ 、 $\Sigma I_{rl}(x, y)$  を求める必要があるため、膜厚の変化が殆どない範囲に亘る画像信号  $I_{bl}(x, y)$ 、 $\Sigma I_{gl}(x, y)$ 、 $\Sigma I_{rl}(x, y)$  を記憶して膜厚の変化が殆どない範囲に亘って積分する必要がある。この範囲は、比較する各配線パターン毎の単位であれば最も好ましい。しかしながら、積分する範囲としては、数個(本)の配線パターンに亘ってもよい。即ち、被検査対象として、半導体メモリのように、セルが形成されている場合には、積分する範囲としてセル単位で行っても、膜厚の変化が殆ど見られないので可能である。しかしながら、積分する範囲をチップ単位に広げた場合には、チップ単位内において大きな膜厚の変化が生じるので、色補正が不可能となる。

【0021】次に、上記明るさむら演算部103から得られる画像データ  $I_{bl}(x, y)$ 、 $I_{gl}(x, y)$ 、 $I_{rl}(x, y)$  と明るさ補正量 ( $G_b$ ,  $G_g$ ,  $G_r$ ) は、明るさむら補正部104に入力される。明るさむら補正部104において、入力された画像データ  $I_{bl}(x, y)$ 、 $I_{gl}(x, y)$ 、 $I_{rl}(x, y)$  は、先に求めた補正量 ( $G_b$ ,  $G_g$ ,  $G_r$ ) により上記(数1)式に基づいて補正されて正規化された各色毎の画像信号  $I_{b2}(x, y)$ 、 $I_{g2}(x, y)$ 、 $I_{r2}(x, y)$  が得られる。画像合成部105において、これらの補正データ  $I_{b2}(x, y)$ 、 $I_{g2}(x, y)$ 、 $I_{r2}(x, y)$  を上記(数1)式に基づいて加算することによって色むらを補正した1枚の画像信号  $I_2(x, y)$  を生成する。こ

こまでの手順は、比較する各配線パターンを示す画像信



号毎の単位で行うことが考えられるが、この限りではない。即ち、被検査対象1において、平坦化膜1cの膜厚の変化が殆ど生じない範囲（単位）で3種類の画像データ $I_{b1}(x, y)$ 、 $I_{g1}(x, y)$ 、 $I_{r1}(x, y)$ から正規化処理を行って白色光に相当する1枚の画像信号 $I_1(x, y)$ を生成する。以上説明したように、平坦化膜1cに膜厚変化が生じたとしても、その下の配線パターンによる画像信号波形をほぼ同一にすることができ、消去することが可能となる。

【0022】次に、白色光に相当する1枚の画像信号 $I_1(x, y)$ から平坦化膜1c上に付着または埋め込まれた異物等の欠陥を判定する処理について、説明する。まず、合成された色むら補正画像 $I_2(x, y)$ の一方は、比較画像 $f(x, y)$ として位置ずれ量検出部107へ、他方は参照画像 $g(x, y)$ として遅延記憶部106に進む。この遅延記憶部106は、位置ずれ量検出部107において、チップ間を比較する場合には、チップのピッチ間遅延させれば良く、セル間を比較する場合には、セルのピッチ間遅延させれば良い。尚、この分岐した画像 $f(x, y)$ 、 $g(x, y)$ は、異物等の欠陥がない場合には基本的に同じ画像データとなる。次に、位置ずれ検出部107では、比較画像 $f(x, y)$ と参照画像 $g(x, y)$ の位置ずれ量を検出する。ここで、参照画像 $g(x, y)$ は比較画像 $f(x, y)$ に対して先に遅延記憶部106に入力された画像であり、両者は被検査対象（試料）の像としては空間的に異なる位置であり、且つ設計上は同様の形状をしている。次に、求めた位置ずれ量を基に位置ずれ補正部108で両画像 $f'(x, y)$ 、 $g(x, y)$ の位置合わせを行う。これらを比較部109において比較し、たとえば差画像 $\Delta(x, y) = f'(x, y) - g(x, y)$ を作成する。そして、欠陥候補の特徴量検出部110において、差画像から差画像として抽出される欠陥候補の特徴量（面積や連続した長さ等）を算出し、この算出された特徴量を判定基準（許容値）と比較して平坦化膜1c上に付着または埋め込まれた異物等の欠陥111を抽出して検査が行われる。なお、欠陥候補の特徴量検出部110において、位置合わせされた両画像 $f'(x, y)$ 、 $g(x, y)$ の差画像を抽出しても、平坦化膜1cの下の配線パターンからは同様な信号波形が得られることによってほとんど差がない差画像となるので、その特徴量を算出して判定基準と比較することによって消去して、平坦化膜1c上に付着または埋め込まれた異物等の欠陥111のみを抽出して検査することが可能となる。

【0023】明るさむら演算部103における明るさむら演算および明るさむら補正部104における明るさむら補正の一実施例を図6に示す。各色の画像信号 $I_{b1}(x, y)$ 、 $I_{g1}(x, y)$ 、 $I_{r1}(x, y)$ について膜厚の変化が殆ど生じない範囲内における光量と〔青色 $\Sigma I_{b1}(x, y)$ 、緑色 $\Sigma I_{g1}(x, y)$ 、赤色 $\Sigma I_{r1}(x, y)$ 〕を求め、それぞれの基準光量と値 $K_b$ 、 $K_g$ 、 $K_r$ との比を求める。この比 $G_b$ 、 $G_g$ 、 $G_r$ を明るさむら補正部104で画像データ $I_{b1}(x, y)$ 、 $I_{g1}(x, y)$ 、 $I_{r1}(x, y)$ のそれぞれ掛けることにより、補正後の明るさ $I_{b2}(x, y)$ 、 $I_{g2}(x, y)$ 、 $I_{r2}(x, y)$ を求める。なお、 $K_b$ 、 $K_g$ 、 $K_r$ をほぼ同一の値にすることによって、図4(b)に示す如く、各色について同一レベルの明るさを示す画像信号が得られる。次に、画像合成部105において、これらの補正データを足し合わせることで白色光に相当する合成画像 $I_1(x, y)$ を生成することができる。

【0024】また、図17に示すように、膜厚の変化が生じている平坦化膜1cに対して該平坦化膜に吸収される200～250nm程度以下の波長の光（紫外線の光）を照明して明視野画像を検出するようにすれば、薄膜干渉が殆ど生じることなく、膜厚の変化の影響を受けることなく、一定の波形形状を有する画像信号を検出することができ、参照画像信号との比較において、平坦化膜1cの下にある配線パターンからの信号波形がほぼ一致することによって消去して平坦化膜1cにおける異物等の欠陥のみを抽出することができる。また、図24および図25に示すように偏光を利用し、平坦化膜の上面からの反射光の振幅と下面からの反射光の振幅の割合を大きく違えるようにすることによって、薄膜干渉による明るさの変動を小さくし、且つ明るさむらも低減した画像信号を検出することができ、参照画像信号との比較において、平坦化膜1cの下にある配線パターンからの信号波形がほぼ一致することによって消去して平坦化膜1cにおける異物等の欠陥のみを抽出することができる。

【0025】次に、本発明に係る平坦化膜1c上の異物等の欠陥検査を行う外観検査装置の第1の実施の形態について説明する。図1は、本発明に係る外観検査装置の第1の実施の形態を示す構成図である。平坦化膜1cが形成された被検査対象（試料）1は、チャック2に真空吸着等により搭載される。チャック2は、 $\theta$ ステージ3、Zステージ4、Yステージ5、Xステージ6上に設置される。被検査対象（試料）1の上方に配置されている光学系111は、試料1に形成されているパターンを外観検査を行うために試料1の光学像を検出するものであり、主に照明光学系と試料1の像を撮像する検出光学系及び、焦点検出光学系45で構成されている。

【0026】照明光学系を構成する光源10は、例えばXeランプ等で構成されたインコヒーレント光源である。光源10で発光した光は、レンズ14aを介して開口絞り11の開口部を透過し、レンズ14bを介して分光透過率の異なるフィルタを備えて形成されたフィルタ12を透過した光が視野絞り13に到達する。即ち、フィルタ12を切り換えることによって分光透過率を変えることが可能である。さらに、この視野絞り13を透過した光は、レンズ14c及び光分割手段15を透過し

て、対物レンズ20に入射し、試料1を照明する。なお、光分割手段15としては、ハーフミラーや偏光ビームスプリッター等がある。但し、偏光ビームスプリッターを用いる場合には、偏光ビームスプリッターから試料1の間に1/4波長板16を配置させ、検出光量の激減を防止する必要がある。試料1を照明した光は、試料1上で反射、散乱、回折し、対物レンズ30のNA以内の光は再び対物レンズ20に入射し、光分割手段15で反射され、試料1の像を撮像する検出光学系及び焦点検出光学系45に導かれる。これらの光は、検出光学系の光分割手段25に入射し、透過した光は結像レンズ30を介して中間像を形成し、この中間像をズームレンズ50で拡大してセンサ面70に結像させる。ここで、検出光学系の光分割手段25は、例えばハーフミラー(T:R=1:1でなくてよい)やダイクロイックミラー或いは偏光ビームスプリッター等であり、光電変換素子70は、リニアセンサやTDIセンサ或いはTVカメラ等である。

【0027】また、検出光学系の光分割手段25を反射した光は、焦点検出光学系45に導かれ、焦点検出用センサ41に試料1の像を結像する。この結像した像は、分岐プリズム48で分岐された光路の一方の像が他方の像に対して鏡像反転してプリズム42で合成され、試料1が対物レンズ20の焦点位置にある場合は対称な光強度分布となる。分岐プリズム48で分岐された光路の一方の像が他方の像に対して鏡像反転するのは、一方の光路は2枚のミラー43、44で構成され、他方の光路は3枚のミラー45、46、47で構成されるからである。従って、焦点検出用センサ41から対称な光強度分布(合焦点状態)と検出されるようにZステージ4または対物レンズ20を上下動させて焦点制御が行われる。ここで、焦点検出センサ41は、リニアセンサやTDI、あるいはフォトダイオード等がある。なお、視野絞り13と試料1と検出光学系の光電変換素子70及び焦点検出光学系45の光電変換素子41は光学的に共役である。焦点検出光学系の光電変換素子41で検出した光強度分布の信号は焦点検出信号処理回路90に入力され、この焦点検出信号処理回路90において、対称な光強度分布(合焦点状態)との違いにより試料1の高さと対物レンズ30の焦点位置のズレ量が算出され、この算出された焦点ズレ量のデータがCPU75に送信される。この焦点ズレ量に応じて、CPU75からステージ制御部80にZステージ4を駆動させる指令を行い、所定パルスを送る。自動焦点機能が働く。

【0028】また、検出光学系の光電変換素子70で検出した試料1の光学像は、画像入力部71でA/D変換され、画像処理回路72に入力される。この画像処理回路72では、画像の明るさむら補正から欠陥の判定までを行う。さらに、試料1のXY方向の移動にはXステー

ジ6及びYステージ5により2次元的な移動を行う。また、 $\theta$ ステージ3は、XYステージ6及び5の運動方向と試料1に形成されたパターンとの $\theta$ アライメントを行うときに用いる。なお、焦点合わせはZステージ4を用いて行うと説明したが、対物レンズ20が無遠補正である場合は対物レンズ20をZ方向に移動させることにより同様の機能となる。この対物レンズ20をZ方向に移動させて自動焦点機能を働かせる利点として、Zステージ4に搭載された $\theta$ ステージ3やチャック2の荷重よりも対物レンズ20の荷重の方が軽いこと、Zステージ4に内蔵されているアクチュエータで制限されている自動焦点機能のフィードバック周期が速くなる。また、Zステージ4の駆動に伴うチャック2の振動も防止できる。なお、第1の実施の形態においては、分光画像検出手段として、図4に示すように、TDIイメージセンサ70aの受光面(カバーガラス面)に分光透過率の異なる3種類の膜を付けて構成した。

【0029】次に、本発明に係る平坦化膜1c上の異物等の欠陥検査を行う外観検査装置の第2の実施の形態について説明する。図7は、本発明に係る外観検査装置の第2の実施の形態を示す構成図である。第2の実施の形態においては、分光画像検出手段として、結像レンズ30の結像位置にセンサ70r、70g、70bを配置し、これらの間に赤色を反射するダイクロイックミラー51、緑色を反射するダイクロイックミラー52を配置して構成する。従って、分光反射率特性に応じた赤色光が、ダイクロイックミラー51で反射されて赤色検出用センサ70rに到達し、このセンサ70rからは赤色の光量で示される赤色の画像データ $I_{0r}(x, y)$ が検出される。同様に、分光反射率特性に応じた緑色光が、ダイクロイックミラー52で反射されて緑色検出用センサ70gに到達し、このセンサ70gからは緑色の光量で示される緑色の画像データ $I_{0g}(x, y)$ が検出される。さらに、2つのダイクロイックミラー51、52を透過した光はセンサ70bに到達し、このセンサ70bからは青色の光量で示される青色の画像データ $I_{0b}(x, y)$ が検出される。これにより、3色に分離した画像データ $I_{0r}(x, y)$ 、 $I_{0g}(x, y)$ 、 $I_{0b}(x, y)$ が得られることになる。ここで、図では3色に分離したが、分離する数はこの限りではない。この第2の実施の形態においては、光分割手段15において照明光を反射させ、被検査対象1からの反射光を透過させる構成を示すが、第1の実施の形態と同様に、光分割手段15において照明光を透過させ、被検査対象1からの反射光を反射させるように構成しても良い。

【0030】ところで、被検査対象(試料)1において、薄膜干渉を防止する手段として、平坦化膜で構成された透明薄膜1cの下地に反射防止膜を膜付けすることが有効である。同様に、平坦化膜で構成された透明薄膜1cの表層に透過防止膜を膜付けすることにより、薄膜

干渉を防止することができる。

【0031】次に、本発明に係る平坦化膜1c上の異物等の欠陥検査を行う外観検査装置の第3の実施の形態について説明する。まず、分光画像検出による欠陥検出感度の向上について、図8(a)を用いて説明する。試料171上に形成された下地層(例えばSi基板の表面)172は、分光反射率が高く一様であるとする。この下地層の上層に赤色で反射率の高いパターン(例えば、Crの酸化膜からなる配線パターン)173が形成されていたとする。この赤色パターン173に異物174が付着している場合、白色照明で検出した画像では異物部の信号レベルS1は小さい。これは、下地層172の分光反射率が高く一様であるため、この下地層の検出光量がセンサ70の飽和レベルに達しないように照明光量を調整する必要があるためである。従って、赤色パターンの検出光量は下地層に比べ低いため、異物と赤色パターンの正常部の光量差が小さくなる。この赤色パターン上に付着した異物の信号レベルを大きくし、且つ下地層に付着した異物の信号レベルも低下させないためには、照明光の波長を試料171に形成されたパターン173に

対応させる必要がある。図8(b)に示す通り、パターン173の色に対応させて照明光を赤色(例えば、 $\lambda$ 600~660nm)にすると下地層172と赤色パターン173の反射光強度の差が小さくなる。このため、このため、赤色パターンのセンサ受光量も大きくなり、異物と正常部の光量差も大きくなる。従って、異物の検出が容易になる。このように、照明光として、平坦化膜1cの下地層のパターンに適するような波長で照明すれば、平坦化膜1c上の異物等の欠陥を感度良く検出することができる。

【0032】次に、平坦化膜1cの下地層のパターンに適するような波長で照明するための照明光の波長幅切り換え手段を備えた外観検査装置の第3の実施の形態について、図9、図10、図11、図12および図13を用いて説明する。この第3の実施の形態は、図9に示す如く、図1に示す第1の実施の形態と同様に、光源10は白色光源であり、発光した光をコンデンサレンズ14aで開口絞り11に集光する。開口絞り11を通過した光は、レンズ14bを介して、分光透過率の異なる複数のバンドパスフィルタ12のうち、光路中に選択された

複数のバンドパスフィルタ12を交換する手法について、図10を用いて説明する。図10(a)に示す如く、例えば、8ヶのバンドパスフィルタをターレット状19にマウントし、これをパルスモータ等で回転させる。なお、それぞれのバンドパスフィルタ12a、12b、12cは、図10(b)に示すとおり、T12a、T12b、T12c、…と分光透過率が異なる特性を有する。なお、図中シャープカットフィルタ等も記載しているが、これも照明光の波長幅を変える一つの手段である。

【0033】複数のバンドパスフィルタのうち、欠陥検出上有利なフィルタを選択する手段について、図11、図12および図13を用いて説明する。まず、選択手段の一例として検査前の先行作業で試料1の分光反射率を求めて、この分光反射率の高い色を透過するバンドパスフィルタ12を選択する手法がある。即ち、図11に示す外観検査装置において、図13に示すように、バンドパスフィルタ12を照明光路から外して光源10からの光により白色照明し(ステップS101)、試料1を搭載したステージ5、6を走査する。このとき、試料1の反射光が分光反射率検出用センサ47に到達するように光路切り換えミラー46を検出光路中に配置する。この分光反射率検出用センサ47は、図12に示すように、3つの受光面47a、47b、47cを有しており、それぞれの受光面47a、47b、47cには分光透過率の異なる膜48a、48b、48cが膜付けされている。膜48aの分光透過率は約500nm以下で、膜48bの分光透過率は約500nm~約600nmで、膜48cの分光透過率は約600nm以上である。分光反射率算出手段(CPU)49において、この3つの受光面の各々47a、47b、47cから得られる光量を、試料面内について積分することにより、試料面内のおおよその分光反射率を求めることができる(ステップS102)。尚、センサ47の3つの受光面はイメージセンサでなくてよい。

【0034】以上説明したように、分光反射率算出手段(CPU)49において、検査前の先行作業で試料1の分光反射率を求めて表示手段等に出力し、この出力結果に基づいて、試料1の分光反射率の高い色に対応したバンドパスフィルタ12を選択して照明光路中に設置する(ステップS103)。この選択動作は、分光反射率算出手段(CPU)49から得られる出力結果を、バンドパスフィルタ選択機構にフィードバックして自動的に選択することも可能である。以上説明したように試料1の分光反射率の高い色に対応したバンドパスフィルタ12を用いて外観検査することにより、欠陥検出感度を向上させることが可能となる。以上、欠陥検査に用いる照明光は、試料1の分光反射率が高い波長域を用いて異物等の欠陥を顕在化しているが、検出すべき欠陥によっては、適した波長域が異なる。特に、薄膜欠陥などの光学

的に解像しない欠陥は、薄膜干渉を利用して検出することが可能である。この薄膜欠陥に適した波長は、膜厚や材質及び正常部の明るさ等によって異なる。このため、検査前の先行作業として異なる波長域の照明光で欠陥検査し、被検査対象とする欠陥の検出数の多い波長域を検査時の照明光に用いることが有効である。

【0035】次に、欠陥検出感度を向上させるための光学系を備えた外観検査装置の第4の実施の形態について図14および図15を用いて説明する。光源10を発光した光は、レンズ14dで集光され、ダイクロイックミラー120aで、焦点検出用照明系170と像検出用照明系19とに分岐される。分岐された焦点検出用照明光路170では、開口絞り11a、視野絞り13aを透過して再びダイクロイックミラー120bで像検出用照明系19の光軸と同軸となる。なお、14f、14g、14h、14i、および14jはレンズである。また、14m、および14nはミラーである。次に、偏光ビームスプリッター15を透過したP偏光は、 $\lambda/4$ 板16を透過して円偏光となり、対物レンズ20を介して試料1を照明する。そして、この試料1を反射した光は再び対物レンズ20に取込まれ、 $\lambda/4$ 板16を通過してS偏光に変換される。このS偏光は、偏光ビームスプリッター15で反射され、ズームレンズ50を介してセンサ面70に明視野像を結像させる。また、照明系における偏光ビームスプリッター15で反射したS偏光の光は、ライトガイド23の入射端に集められ、対物レンズ20の周辺からNA以上の入射角で試料1を照明する。この斜方照明光で散乱、回折した光は対物レンズ20に取り込まれ、偏光ビームスプリッター15でS偏光成分が反射され、センサ面70に暗視野像を結像させる。これにより、イメージセンサ70からは明暗視野照明による画像が検出される。この明／暗視野照明の切り換えを行うには、像検出用照明系19に偏光板22を配置すればよい。この偏光板22を回転することにより、偏光ビームスプリッター15で透過、反射する光量の割合を変化させることができる。従って、偏光板22の回転によって明／暗視野照明の切り換えが可能であり、且つ偏光板22を抜くと明暗視野照明にすることができる。

【0036】次に、明暗視野照明による欠陥検出感度の向上について図15(a)～(c)を用いて説明する。試料1上にL(Line)&S(Space)が形成されており、このL&S上に異物が付着していたモデルについて考える。L&Sの線幅Lは対物レンズ20の解像度よりも狭い線幅であるとする。図15(a)の明視野照明では、L&Sで回折した光が対物レンズ20のNAよりも大きいため、L&Sの凹凸が解像せず、光量が周辺の平坦な領域に比べて小さくなる。このため、異物の信号レベルS1は小さい。なお、欠陥検出上ノイズとなる検出光量のバラツキをN1とする。同様の試料1を暗視野照明で検出した画像の光強度分布を図15(b)に

示す。暗視野照明では、明視野照明の画像に比べネガティブに検出される。散乱・回折するパターンのエッジ部や傾斜部が明るく検出され、異物も明るく検出される。この暗視野照明では、異物の信号が明視野照明に比べ高く、このモデルでは暗視野照明の方が、欠陥検出上有利であることがわかる。しかし、暗視野照明では平坦部における薄膜残りなどの微小段差の信号が小さく、欠陥の種類に応じて有利な照明方法が異なる。そこで、図15(c)に示すように、明視野・暗視野照明を複合した明暗視野照明が有効である。この場合、異物の信号S2が比較的高く、平坦部における薄膜残り等も薄膜干渉による影響で明るさの差として検出できる。ここで、明暗視野照明時の検出光量のバラツキをN2とすると、 $S2/S1 > N2/N1$ である。これより、明視野照明に対してS/N比が向上し、様々な欠陥の検出に有効な照明方法である。

【0037】次に、本発明に係る半導体製造プロセスで形成された平坦化膜に対する欠陥検出について、更に図16を用いて説明する。図16(d)にウェハ1a上に下地層1dが膜付けされ、この上に配線パターン1bが形成されている。この配線パターン1bを覆うように平坦化膜1cが形成される。この平坦化膜1cは可視光では透明な材質で形成される。この平坦化膜1cはウェハ1a面内で均一な膜厚には形成されておらず、膜厚むらが生じる。これに伴って、図16(a)に示す平坦化膜1cの透過波長300nm以上では薄膜干渉の影響により、明るさが変動して図16(c)に示す波形の画像信号が検出される。この平坦化膜1cの膜厚むらは品質上不良ではないため、欠陥として検出すべきではない。このため、膜厚変動に伴う明るさの変動は欠陥検出上ノイズとなる。このノイズを低減するためには、薄膜干渉を防止する方策が有効である。図16(a)の分光透過率特性は、平坦化膜1cの材質であるSiO<sub>2</sub>について記している。なお、SiO<sub>2</sub>の分光透過率T(%)は、薄膜製造プロセスの違いにより、特性が変動する。この変動範囲を2本の分布で示している(変動範囲は2本の分布の間)。従って、波長300nm以上の光ではSiO<sub>2</sub>は透明であるため薄膜干渉が生じるが、波長200nm以下の光では吸収されるため薄膜干渉が生じない。従って、図16(b)に示す通り、波長200nm以下の光で検出した画像では、膜厚変動に伴う明るさむらが低減する。これにより、欠陥検出上のノイズが低減し、欠陥検出しきい値を低く設定できるため、微小欠陥の検出に有利である。

【0038】次に、波長200～250nm以下程度の照明光を用いた外観検査装置の第5の実施の形態について、図17を用いて説明する。図17に示す光学系では、紫外線光源10を発光した光を、照明光学系11を通過してビームスプリッター15に入射する。これを透過した光は、対物レンズ20を介して試料1を落射照明



される。なお、落射照明する光は、明視野検出するための紫外線光と、試料1の高さを検出する焦点検出光とが含まれることになる。この焦点検出光は平坦化膜1cで吸収されない可視光等の光が有効である。これは、平坦化膜1cなどで光が吸収されると、高さ検出できないためである。この焦点検出用波長域は、ダイクロイックミラー25の分光反射率で決定される。この一実施例として、図18(a)に650nm以上の光を焦点検出用波長域としている。また、紫外線による明視野像を検出する光路は、第二のダイクロイックミラー26を反射した光路であり、結像レンズ30で平坦化膜1cから得られる紫外線による明視野像を結像させ、この像をズームレンズ50でイメージセンサ70上に拡大結像させる。この紫外線波長域は、図18(b)に示す如く、第二のダイクロイックミラー26の分光反射率で決定される。また、試料1に紫外線を照射すると、材質によって蛍光が生じる。この蛍光による画像を検出することにより、通常の明視野画像では検出できない欠陥を検出できる。この光学系として、2つのダイクロイックミラー25、26を透過した蛍光を結像レンズ30'で中間像を作り、この像をズームレンズ50'でイメージセンサ70'上に拡大投影する構成により蛍光画像を検出することができる。なお、紫外線用対物レンズ20は紫外線に対して収差補正されているため、焦点検出光としては比較的紫外線と収差が少ない光を選択する必要がある。

【0039】次に、平坦化膜1cに対してエッチングによって形成された微細なスルーホール内の絶縁膜残り等の欠陥を高解像度で検査する外観検査装置の第6の実施の形態について、図19を用いて説明する。被検査対象1'として、配線パターン1bが形成された下地層1b'上に絶縁膜からなる平坦化膜1c'が形成され、この平坦化膜1c'に対して下層配線と上層配線とを接続するための微細なスルーホール1eがエッチングによって形成されたものが考えられる。該被検査対象1'において、もし、エッチング残り等の欠陥1fが微細なスルーホール1e内に残った場合、スルーホール内に導電体を埋め込んだとしても、下層配線と上層配線とを電気的に接続することが不可能となる。従って、微細なスルーホール1e内のエッチング残り等の欠陥1fを検査する必要がある。そこで、光源10'で発光した光を開口絞り13'に集光させ、この開口絞り13'の像をハーフミラー15'で反射させ、対物レンズ20'の射出瞳20a上に像21aとして投影し、上記被検査対象1'に対してケーラー照明する。被検査対象1'としては、高段差のパターン1c'が形成されており、この微細穴1e底の膜残りの欠陥1f等を検査するものである。従って、微細なスルーホール1e内の欠陥を検査する場合は、開口絞り13'の開口を小さくし、照明 $\sigma$ (照明 $\sigma$ =開口絞り径/射出瞳径)を小さく設定する必要がある。これにより、照明光の入射角分布が狭く、且つ垂直



に近い光となるため、焦点深度が深くなる。さらに、被検査対象1'を反射、回折した光を対物レンズ20'で捕捉し、対物レンズ20'の射出瞳20aと共役な位置となるズームレンズ50'の瞳に空間フィルタ55aを配置する。この空間フィルタ55aは、遮光パターン56aによって0次光の振幅を減衰させるものであり、図19(d)に示す透過率分布を有する。これにより、0次光と高次回折光の振幅を同程度にすることにより、低周波成分を低減した干渉結果(光学像)が得られる。また、被検査対象1'への照明入射角範囲を狭めることにより、薄膜干渉が顕著に検出される。これにより、穴1e底に形成された薄膜残りに起因した欠陥1fを薄膜干渉を利用してイメージセンサ70'から画像信号として検出することが可能である。

【0040】同様に図20では、光源10'で発光した光を、開口部を輪帯状に形成した開口絞り13''に集光させ、この開口絞り13''の輪帯状の像をハーフミラー15'で反射させ、対物レンズ20'の射出瞳20a上に輪帯状の像21bとして投影し、上記被検査対象1'に対してケーラー照明する。開口絞り13''の開口部を輪帯状に形成し、ケーラー照明することにより、図20(d)に比べて図20(e)に示すごとく2 $\theta$ 以内の高次回折光もセンサ面70'での像形成に寄与する割合が大きくなる。しかし、高次回折光の振幅に対して0次光の振幅が大きすぎると、これらの干渉結果に0次光の低周波成分が残るため像のコントラストは向上しない。そこで、ズームレンズ50''の瞳位置に0次光の振幅を低減する輪帯状の膜56bを形成した空間フィルタ55bを配置することにより、イメージセンサ70'から低周波成分を低減した高コントラストな画像信号を検出することができる。なお、空間フィルタ55bにおける輪帯状の膜56bとしては、図20(c)に示す振幅透過率または位相差をつけるものであれば良い。

【0041】次に、被検査対象に凹凸を有する場合において合焦点制御をしてフォーカスされた安定した画像信号を検出することによって、欠陥検出ノイズを低減する外観検査装置の第7の実施の形態について説明する。即ち、被検査対象として、例えば、平坦化膜1c上に配線パターン1gが形成されたものがある。図21(a)には、外観検査装置における照明光学系および検出光学系の概略構成と被検査対象の表面形状を示す。この第7の実施の形態における照明光学系および検出光学系は、具体的には図22に示す如く構成される。ところで、焦点検出用センサ41で対物レンズ20の焦点と試料1のずれ量を検出するが、ずれ量を検出してからZ軸を駆動してフィードバックするまでに遅れが生じる。第1の原因は図21(b)に示す試料1の表面形状300に対して、焦点検出結果は焦点検出周期相当の遅れを生じる。第2の原因は図21(c)に示すZ軸駆動周期相当の遅れを生じることが主な要因である。このうち、Z軸駆動

周期の影響が大きく、図 2 1 (c) に示す領域においてデフォーカスした画像信号が検出される。従って、デフォーカスする試料 1 の段差部付近では微小欠陥の検出が困難となる。

【0 0 4 2】そこで、図 2 2 (a) に示す通り、Z 軸駆動周期を短くするためには Z 軸ステージ 4 のような荷重の大きいステージを駆動するのではなく、軽量部を駆動させることが有効である。光学部品を光軸方向に駆動することにより焦点合わせするためには、対物レンズ 2 0 と結像レンズ 3 0 とをステージ制御部 8 0 からの制御信号に基づいて矢印 1 2 1 および 1 2 3 で示すように制御するのが有効である。これらの光学部品 2 0、3 0 の駆動による焦点合わせ微動調整と Z 軸ステージ 4 による粗動調整などにより、遅れ時間の少ない焦点合わせが可能となる。しかし、被検査対象 1 を搭載した XY ステージ 5、6 を走査することにより、被検査対象上の急峻な段差部では必ず焦点合わせの遅れが生じる。この対策として、図 2 2 (b) に示すとおり、被検査対象の表面の段差上部 1 h を検査する場合は、段差上部が対物レンズ 2 0 の視野にある時に焦点合わせ動作を行い、段差下部にある場合は動作を停止させることにより高段差なパターン 3 0 0 であっても、段差付近でのデフォーカスを低減することができる。同様に、被検査対象の表面における段差上部 1 h を検査する場合は、段差上部が対物レンズ 2 0 の視野にある時にフォーカスオフセット  $\alpha$  で焦点合わせ動作を行い、段差下部にある場合はフォーカスオフセット  $\alpha + h$  で焦点合わせ動作を行うことにより、段差付近でのデフォーカス低減することができる。これら焦点合わせ制御を行うためには、被検査対象 1" の段差情報が必要であり、検査前に被検査対象の座標を指定して高さ情報を登録する必要がある。また、被検査対象 1" に形成されたパターンによる微小領域での凹凸は、1) 焦点検出結果を積分、2) 焦点検出結果をローパスフィルタに通すなどにより、安定した焦点合わせが可能である。

【0 0 4 3】次に、被検査対象 1" の段差に起因したデフォーカスを低減できる自動焦点合わせ機能付きの光学系について、図 2 3 を用いて説明する。光源 1 0 で発光した光は、ダイクロイックミラー 1 2 0 a で明視野光と焦点検出用照明光に分岐される。明視野光は、ダイクロイックミラー 1 2 0 a を透過した光であり、開口絞り 1 1、視野絞り 1 3 を通過して、再びダイクロイックミラー 1 2 0 b で焦点検出用照明光と合流する。焦点検出用照明光は、焦点検出用照明光学系の開口絞り 1 1 a、視野絞り (スリット状の開口部) 1 3 a を通過する。これらの照明光は、ビームスプリッター 1 5 を透過し、対物レンズ 2 0 を介して、試料 1 上に投影する。試料 1 上で反射、回折した光は、再び対物レンズ 2 0 に捕捉され、ビームスプリッター 1 5 を反射し、焦点検出検出光はダイクロイックミラー 2 5 を反射し、焦点検出光学系 7 9

0 で 2 光束に焦点検出光を分岐し、一方の光束を他方に比べて鏡像反転させて、再び合流させる。これにより焦点検出光は、焦点検出用センサ 4 1 上において、試料 1 の高さに対応して図中左右にシフトする。これにより、試料 1 の焦点ずれ量を検出することができる。検出光路のダイクロイックミラー 2 5 を通過した光は、明視野像検出用センサ 7 0 に試料 1 の像を結像する。この明視野像検出用センサ 7 0 がリニアセンサである場合、試料 1 の 2 次元像を検出するためには試料 1 を走査させながら、連続的に画像を検出する必要がある。

【0 0 4 4】図 2 3 (b) に示すとおり、対物レンズ 2 0 の視野 2 0 1 の中心付近に明視野検出用センサ 7 0 の視野 7 0 1 がある。試料 1 を搭載してスキャンニングステージが図中右から左に走査する場合、焦点検出用視野絞り (スリット状の開口部) 1 3 a の視野 1 3 a' は、明視野検出用センサ 7 0 の視野 7 0 1 の右側 (ステージ走査の前方) に配置させる。これにより、焦点検出位置は明視野検出用センサ 7 0 の視野 7 0 1 の前方を検出することになる。焦点検出位置は明視野検出用センサ 7 0 の視野 7 0 1 と焦点検出用視野絞り (スリット状の開口部) 1 3 a の視野 1 3 a' の間隔は、焦点合わせ動作時間の遅れに相当する時間量以上あればよい。ここで、動作時間の遅れに相当する時間量とは、試料 1 が等速移動しているとした場合、図 2 3 (b) に示す距離 7 0 0 となる。また、ステージが左から右に移動する場合は、焦点検出位置は明視野検出用センサ 7 0 の視野 7 0 1 に対して焦点検出用視野絞り (スリット状の開口部) 1 3 a の視野 1 3 a' を左に配置するように焦点検出用視野絞り (スリット状の開口部) 1 3 a を移動すればよい。これを実現するには、図 2 3 (a) に示す光学系の焦点検出用視野絞り (スリット状の開口部) 1 3 a と焦点検出用センサ 4 1 を同一ステージ 7 3 0 上に搭載し、矢印 7 3 1 方向に移動すればよい。また、合わせたい焦点位置にオフセットを持たせたい場合は、試料 1 上のオフセット量に対して、縦倍率分ステージ 7 3 0 を矢印 7 3 2 方向に移動させればよい。このステージ 7 3 0 上に焦点検出用視野絞り (スリット状の開口部) 1 3 a と焦点検出用センサ 4 1 を搭載することにより、ステージ 7 3 0 の移動誤差 (ピッチング、ヨーイング、バルスモータの場合は脱調 e t c. ) による焦点検出用視野絞り (スリット状の開口部) 1 3 a と焦点検出用センサ 4 1 の位置関係のずれを低減できる。これにより、図 2 3 (c) に示すように、試料 1 には段差があり、比較例で示すように高さ検出が明視野検出用センサ 7 0 の視野 7 0 1 と焦点検出用視野絞り 1 3 a の視野 1 3 a' が同じ位置であった場合、試料 1 の段差 1 a が視野 7 0 1、1 3 a' に走査されてから焦点検出を行うことになった。このため、実際に焦点合わせするまでの遅れ時間相当の明視野像撮像領域がデフォーカス領域となる。このため、このデフォーカス領域では撮像した像のコントラストが低下す

る。このため、撮像した像のパターン検査などを行う場合、微細パターンの検査ができなくなる。これに対し、図 2 3 (c) に示すように、本発明では、明視野検出用センサ 7 0 の視野 7 0 1 に走査されたタイミングで焦点合わせ動作を行うことが可能となり、デフォーカス領域を小さくすることができる。従って、パターン段差部 3 0 0 の端部においても、微細パターンの検出が可能となる。ここで、本発明では焦点合わせ動作を行う時の移動量は試料 1 の段差量に対応させることが考えられる。

【0 0 4 5】次に、図 1 4 に示す偏光を利用した明視野像の検出と暗視野像の検出及び明暗視野像の中立像検出する手段について、更に具体的に図 2 4 を用いて説明する。照明光 7 5 0 はランダム偏光であるとする。照明光 7 5 0 はハーフミラー 7 7 0 を透過して偏光ビームスプリッター 1 5 で P 偏光の光が透過する。この P 偏光は  $\lambda/4$  板 1 6 で円偏光となり、試料 1 で反射することにより位相の飛びと共に試料のパターンに応じて位相差が与えられ、楕円偏光となる。また、パターンのエッジなどで回折した光は回折光の方向に応じて偏光も変化する。これらの反射光は再び対物レンズ 2 0 に捕捉され、 $\lambda/4$  板 1 6 を通過して P B S 1 5 に入射し、試料 1 上で正反射した光である S 偏光はレンズ 5 0 を介してセンサ 7 0 上に明視野像を結像する。一方、P B S 1 5 を透過した光は、試料 1 上のパターンのエッジで回折した光などであり、回折光の方向に応じて回折光の偏光面も変化する。これらの光は、ハーフミラー 7 7 0 で反射してレンズ 5 0 b を介してセンサ 7 0 b 上に暗視野像を結像させる。これにより、センサ 7 0 からは正反射した光を主成分とした明視野画像信号を、センサ 7 0 b からは回折光を主成分とした暗視野画像信号を同時に検出することができる。これら明視野画像信号および暗視野画像信号を画像入力部 7 1 に入力して A/D 変換を施して画像処理回路 7 2 に入力し、画像処理回路 7 2 においてデジタル明視野画像信号およびデジタル暗視野画像信号視に基づいて被検査対象 1 上の異物等の微小欠陥について検査することができる。

【0 0 4 6】さらに、 $\lambda/4$  板 1 6 を回転させて位相差量を変えることにより、明視野像と暗視野像の中立像を検出することができる。このため、試料 1 上のパターンと周辺部の物性値（位相差量）が異なることを利用して、検出した画像のコントラストを高めることができる。また、試料 1 上に透明薄膜（例えば、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  等）1 c が形成されている場合は、透明薄膜 1 c 上面と下面で反射する光の位相差量が異なる。これは、透明薄膜 1 c に直線偏光が入射した場合、薄膜上面で反射した光と薄膜の下面で反射して薄膜上面を透過した光の楕円率が異なることを利用して、例えば透明薄膜上面で反射する光をセンサ上に到達しないように、 $\lambda/4$  板 1 6 の位相差量を調整する。これにより、薄膜干渉が生

じないため、明るさむらを低減することができる。ただし、薄膜や下地の物性値に起因して、実際には薄膜上面の反射光はセンサ 7 0 上に到達する。しかし、薄膜上面の反射光の振幅と下面反射光の振幅の割合が大きく違っているほど薄膜干渉に伴う明るさの変動も小さくなり、明るさむらを低減することができる。なお、この  $\lambda/4$  板 1 6 の位相差量は物性値により異なるため、試料 1 の構造に応じて調節する必要がある。

【0 0 4 7】図 2 5 (a) には、偏光を用いた明視野像の画像検出の構成を示す。各光学部品の機能は図 2 4 と同様である。ここで、通常明視野検出では、検出した画像信号が図 2 5 (b) のような濃淡画像であったとする。このときの A-A 部の明るさ分布は図 2 5 (c) の通り、画像左側の密パターン部で暗い画像となっている。光量を大きくすれば、密パターン部の濃淡差を大きくすることが可能であるが、画像右側の平坦部の明るさがさらに大きくなり、C C D センサ 7 0 等ではセンサ 7 0 が飽和し、ブルーミングが生じる。このため、光量を大きくすることができず、密パターンをコントラストよく検出できない。しかし、 $\lambda/4$  板 1 6 を用いて位相差量を調節することにより、偏光ビームスプリッター 1 5 で反射される平坦部の光を低減し、密パターン部の回折光が反射される割合を大きくすることができる。これにより、密パターンと平坦部の明るさを同じレベルで検出することができる。従って、パターンの密度等によらず、コントラストの高い画像を検出でき、密パターン部のパターン欠陥等も容易に検出できる。これを実現するには、例えば直線偏光で試料 1 を照射した場合、偏光の振動方向とパターンの方向は直角あるいは平行ではなく、例えば  $45^\circ$  に設定する必要がある。なお、偏光の振動方向を回転させるには、偏光ビームスプリッター 1 5 と  $\lambda/4$  板 1 6 との間に  $\lambda/2$  板（図示せず）を配置し、この  $\lambda/2$  板を回転させることにより可能となる。

【0 0 4 8】

【発明の効果】本発明によれば、下に配線若しくは回路パターンを有する透明膜からなる平坦化膜において膜厚に変化が生じたとしても、平坦化膜に付着若しくは埋め込まれる異物等の微小な欠陥を誤検出することなく高信頼度で検査することができる効果を奏する。また、本発明によれば、下に配線若しくは回路パターンを有する透明膜からなる平坦化膜において膜厚に変化に伴う薄膜干渉による色むら（明るさむら）の変化が生じたとしても、平坦化膜に付着若しくは埋め込まれる異物等の微小な欠陥を誤検出することなく高信頼度で検査することができる効果を奏する。

【0 0 4 9】また、本発明によれば、下に配線若しくは回路パターンを有する透明膜からなる平坦化膜に形成されたスルーホール内のエッチング残りを高信頼度で検査することができる効果を奏する。また、本発明によれば、透明膜からなる平坦化膜上に更に配線若しくは回路



パターンを形成した後、該パターンまたは平坦化膜上の欠陥を高信頼度で検査することができる。また、本発明によれば、波長の異なる複数の光学画像を検出し、それぞれの画像で明るさを正規化して1枚の画像に合成し、この合成画像を比較検査することにより、被検査対象の平坦化膜の薄膜干渉による色むら及び明るさむらに伴うノイズを低減して平坦化膜に付着または混入した異物等の信号レベルの低い微小欠陥を高信頼度で検査することができる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る外観検査装置（欠陥検査装置）の第1の実施の形態を示す構成図である。

【図2】本発明に係る透明な平坦化膜における異物等の欠陥を検査するための検出光学系の概略構成を示した図である。

【図3】本発明に係る透明な平坦化膜における薄膜干渉に伴う色むらと光学画像の違いとを説明するための図である。

【図4】本発明に係る分光画像の明るさむら補正について説明するための図である。

【図5】本発明に係る透明な平坦化膜における異物等の欠陥を検査するための画像処理を行うためのブロック図である。

【図6】本発明に係る分光画像の明るさむら補正を行う処理式を示す図である。

【図7】本発明に係る外観検査装置（欠陥検査装置）の第2の実施の形態である分光画像検出光学系を説明するための図である。

【図8】本発明に係る外観検査装置（欠陥検査装置）の第3の実施の形態である照明波長と欠陥検出信号との関係を示す図である。

【図9】本発明に係る外観検査装置の第3の実施の形態を示す構成図である。

【図10】本発明に係る外観検査装置の第3の実施の形態に係る照明波長幅切り替え手段の説明図である。

【図11】本発明に係る外観検査装置の第3の実施の形態に係る照明波長幅の決定するための構成を示す図である。

【図12】本発明に係る外観検査装置の第3の実施の形態に係る照明波長幅の決定するための説明図である。

【図13】本発明に係る外観検査装置の第3の実施の形態に係る照明波長幅の決定するための概略処理フローを示す図である。

【図14】本発明に係る外観検査装置（欠陥検査装置）の第4の実施の形態である3系統の照明方法を示す構成図である。

【図15】図14に示す3系統の照明方法についての有\*

\* 効性の説明図である。

【図16】本発明に係る外観検査装置（欠陥検査装置）の第5の実施の形態である紫外線照明による薄膜干渉防止策について説明するための図である。

【図17】本発明に係る外観検査装置の第5の実施の形態を示す構成図である。

【図18】図17に示す紫外線照明明視野検出と蛍光検出との説明図である。

【図19】本発明に係る外観検査装置（欠陥検査装置）の第6の実施の形態である空間フィルタを用いた光学系についての説明図である。

【図20】本発明に係る外観検査装置（欠陥検査装置）の第6の実施の形態である空間フィルタを用いた光学系の説明図

【図21】本発明に係る外観検査装置において発生するフォーカス誤差についての説明図である。

【図22】本発明に係る外観検査装置において段差部でのデフォーカス対策についての実施例を示す説明図である。

【図23】本発明に係る外観検査装置において段差部でのデフォーカス対策についての実施例を示す説明図である。

【図24】本発明に係る外観検査装置における偏光による明・暗視野画像検出の説明図である。

【図25】本発明に係る外観検査装置における偏光による高コントラスト画像検出の説明図である。

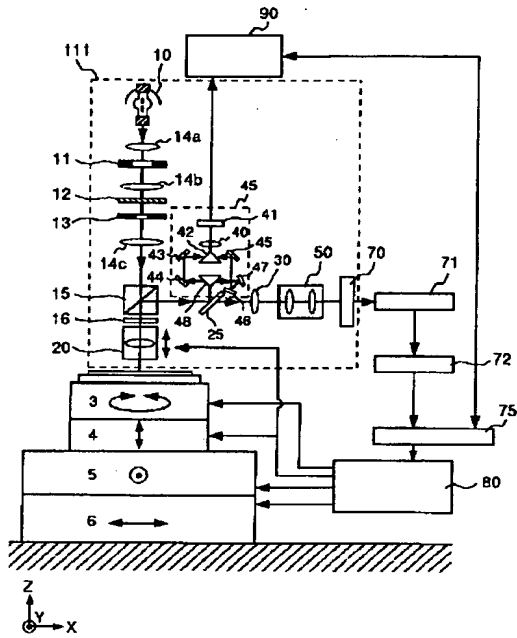
【符号の説明】

1、1'…被検査対象（試料）、1a…基板（ウエハ）、1b…配線パターン（回路パターン）、1b'…下地層、1c、1c'…平坦化膜、1e…スルーホール、1f…欠陥、1g…配線パターン、2…チャック、3…θステージ、4…Zステージ、5…Yステージ、6…Xステージ、10、10'…光源、11、11a…開口絞り、12…バンドパスフィルタ、13、13a、13'、13''…視野絞り、15…ビームスプリッター、16…波長板（ $\lambda/4$ 板）、20、20'…対物レンズ、25…ダイクロイックミラー、30、30'…結像レンズ、41…焦点検出用センサ、45…焦点検出光学系、50、50'、50''…ズームレンズ、55a、55b…空間フィルタ、70…イメージセンサ、71…A/D変換部（画像入力部）、72…画像処理回路、75…CPU、80…ステージ制御部、101…A/D変換器、102…遅延記憶部、103…明るさむら演算部、104…明るさむら補正部、105…画像合成部、106…遅延記憶部、107…位置ずれ検出部、108…位置ずれ補正部、109…比較部、110…欠陥候補特徴量検出部、111…欠陥、200…照明光



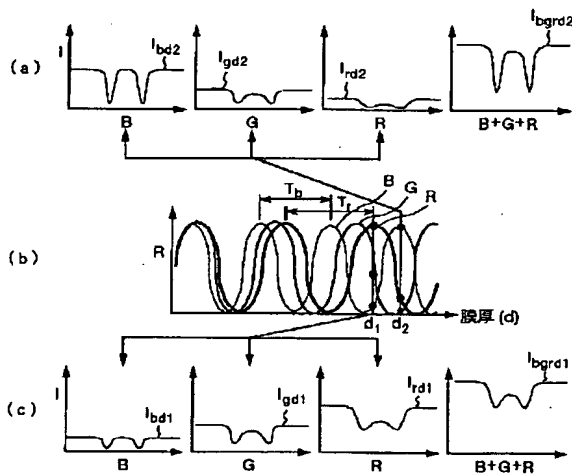
【図 1】

図 1



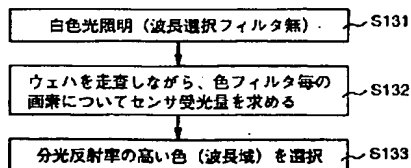
【図 3】

図 3



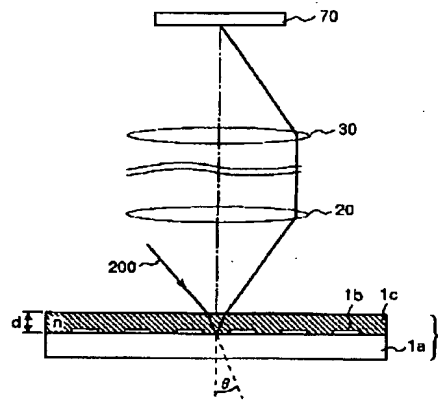
【図 13】

図 13



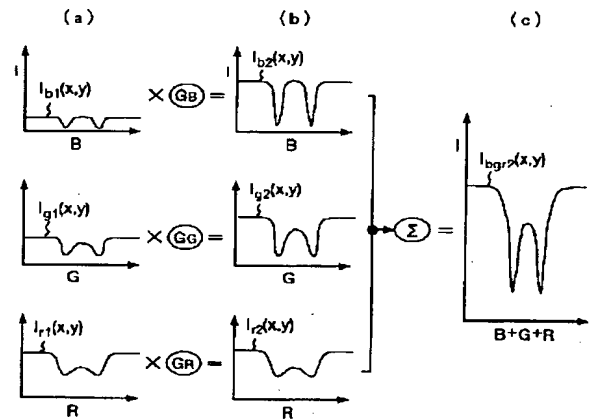
【図 2】

図 2



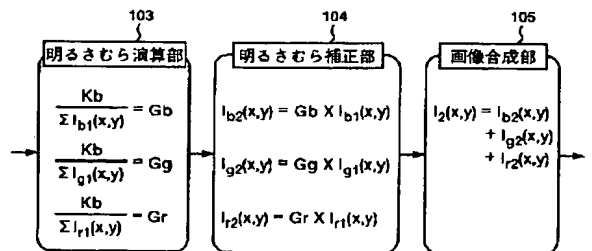
【図 4】

図 4



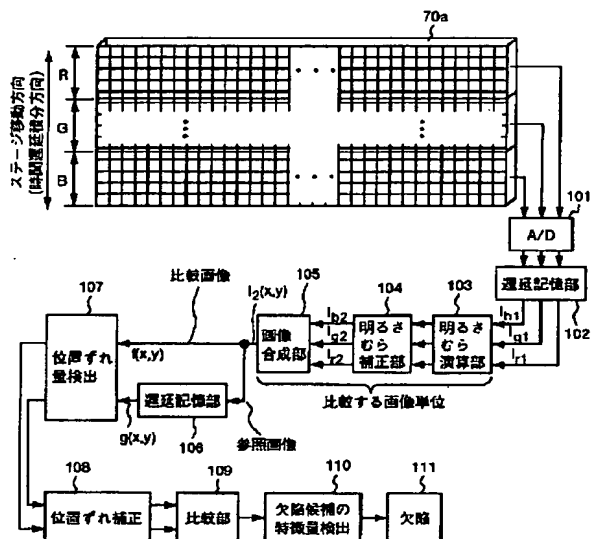
【図 6】

図 6



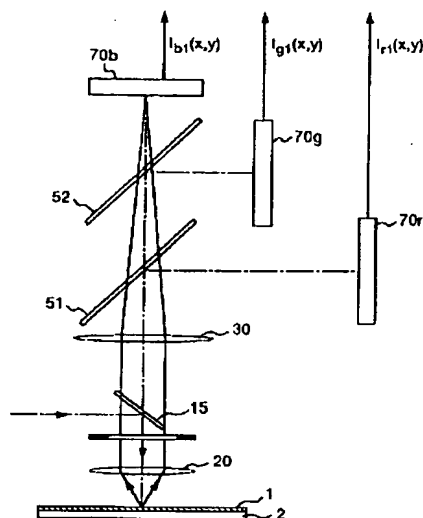
【図 5】

図 5



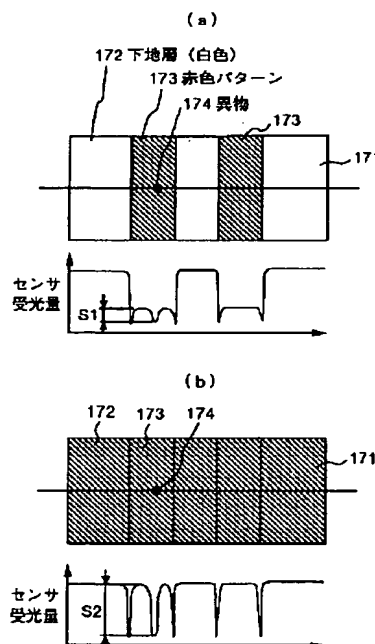
【図 7】

図 7



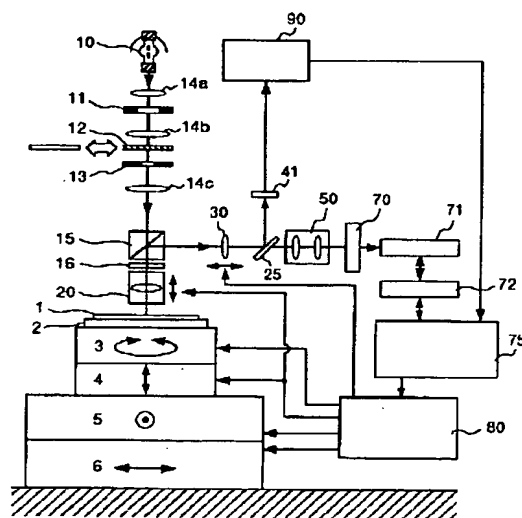
【図 8】

図 8



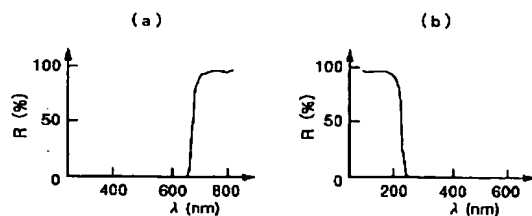
【図 9】

図 9



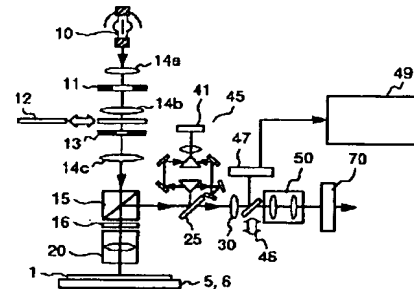
【図 18】

図 18



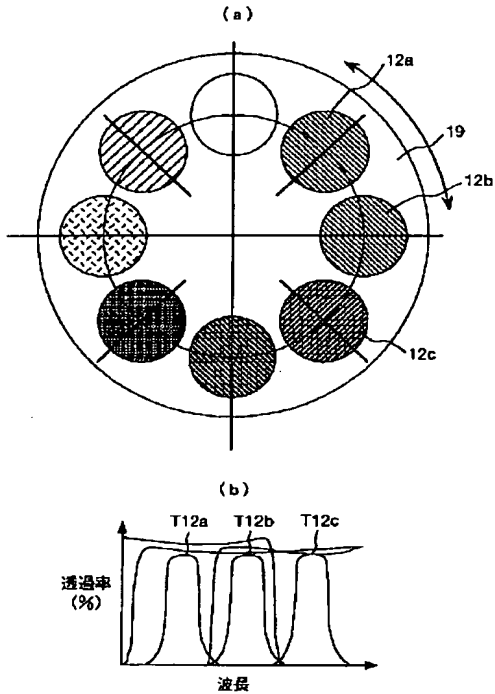
【図 11】

図 11



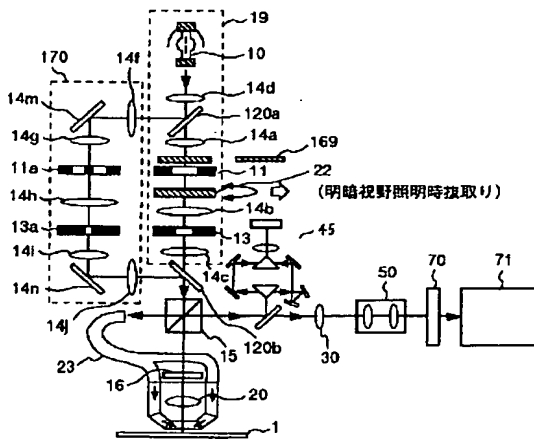
【図10】

図 10



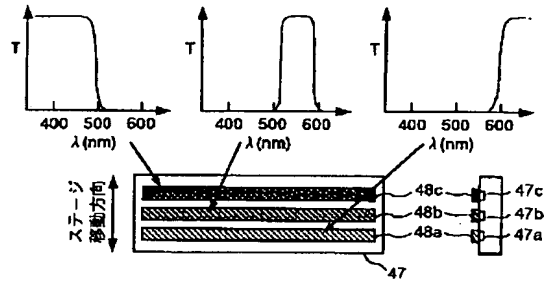
【図14】

図 14



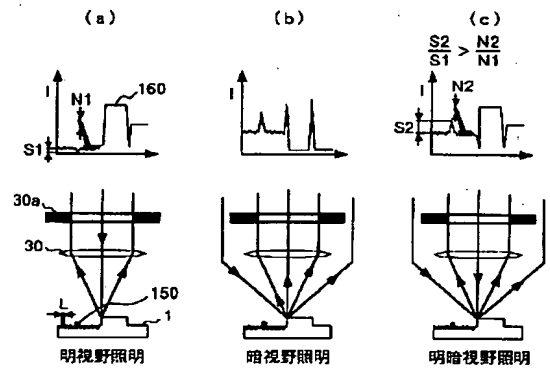
【図12】

図 12



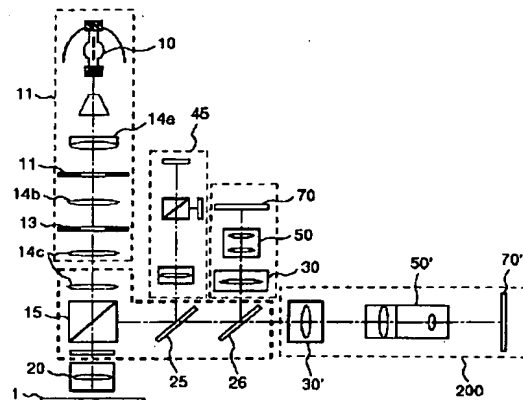
【図15】

図 15



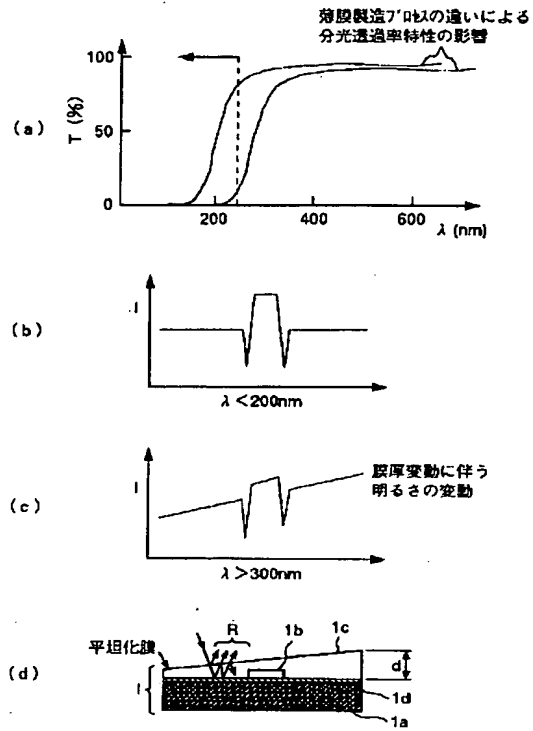
【図17】

図 17



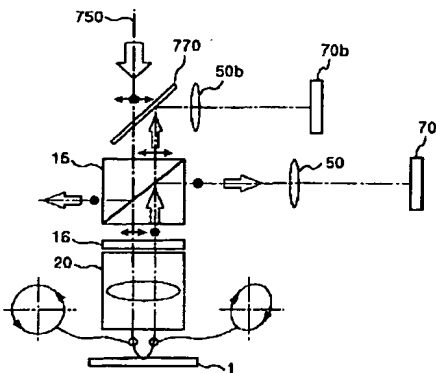
【図 16】

図 16



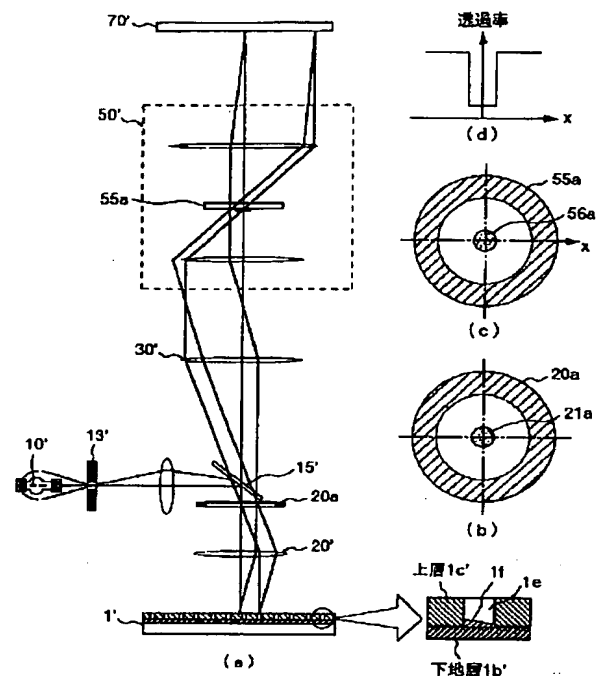
【図 24】

図 24



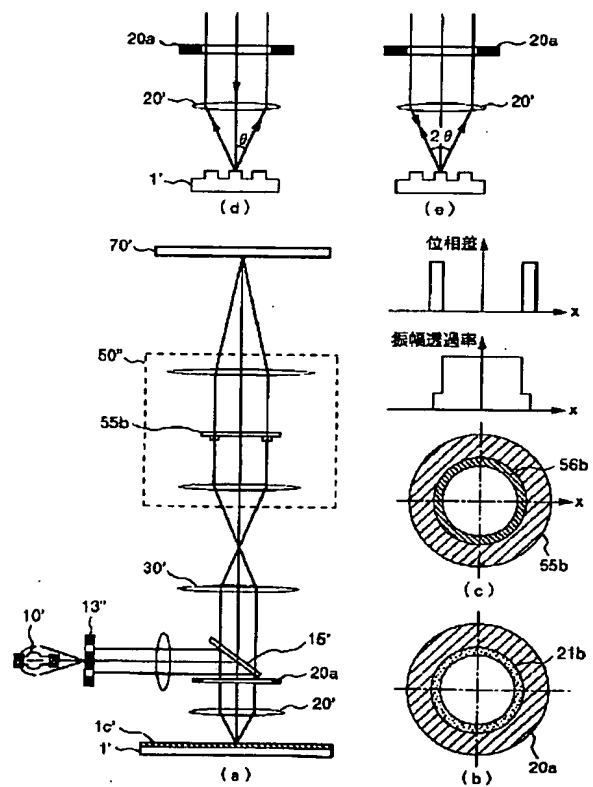
【図 19】

図 19



【図 20】

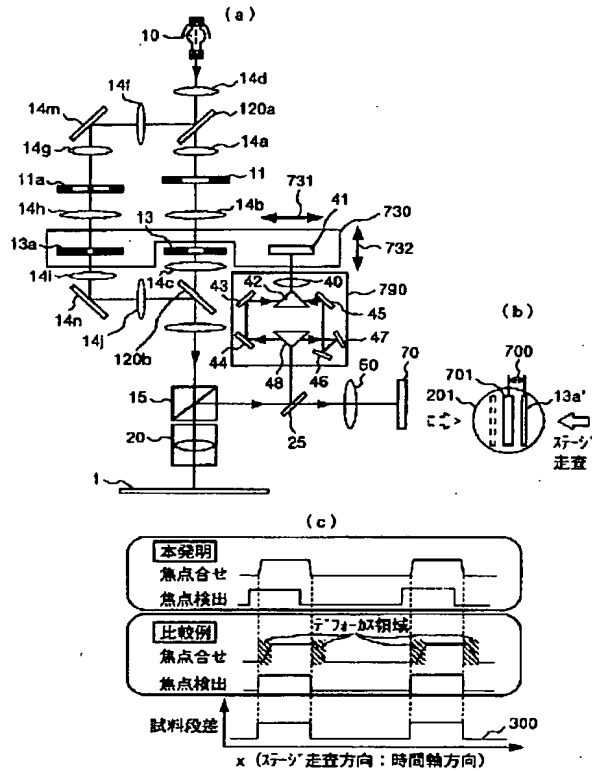
図 20





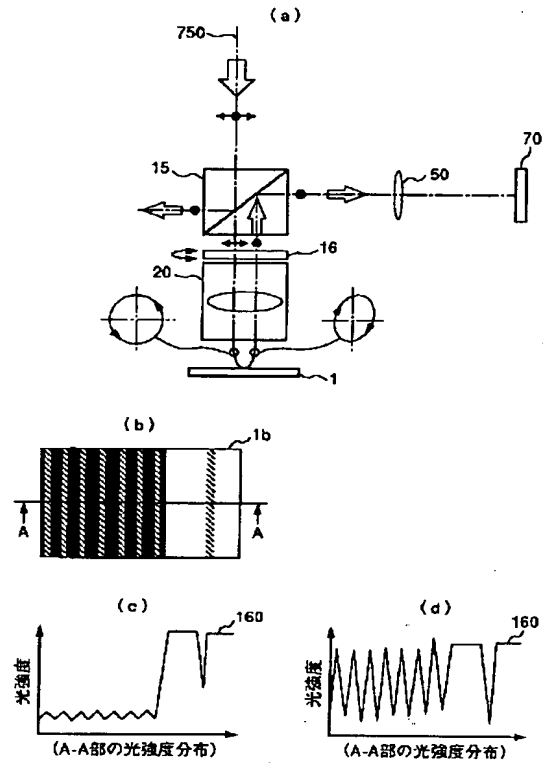
【図23】

図 23



【図25】

図 25



フロントページの続き

(72)発明者 岡 健次  
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式  
 会社日立製作所生産技術研究所内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**